

# METODOLOGÍAS INDUCTIVAS Y DEDUCTIVAS EN TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN

Mariana Pagot

**RESUMEN:** La teledetección (Remote Sensing) se fundamenta en la observación remota de la superficie terrestre y abarca los procesos que permiten obtener información a distancia y su posterior tratamiento. Se presentaron metodologías vinculadas con la aplicación de métodos inductivos y deductivos, las cuales evidenciaron, tanto en la etapa de análisis como de procesamiento digital de imágenes satelitales, la identificación de aplicaciones de los razonamientos inductivos y deductivos, evaluados a partir de conceptos epistemológicos. A partir de los diferentes ejemplos propuestos, se analizaron las ventajas, desventajas y conflictos observados en la adopción de estas metodologías por disciplinas científicas como teledetección.

## INTRODUCCIÓN

En epistemología se ha discutido extensamente sobre el uso de metodologías inductivas y deductivas como parte del proceso de investigación científica. En general, las discusiones se refieren a investigaciones llevadas a cabo en épocas distintas e ilustran situaciones históricas. Sin embargo, existen campos de investigación y desarrollo en la actualidad en los que se emplean ambas metodologías (inductivas/deductivas). En este trabajo se ilustra la aplicación de estas metodologías en el campo de teledetección.

Las imágenes satelitales representan una fuente de información de la cual es factible extraer datos espacialmente distribuidos a partir de análisis y procesamiento digital. Esta información puede consistir en variables continuas, categorización de la imagen en clases temáticas, análisis de cambios, medición de la estructura espacial del territorio, entre otras; utilizándose como complemento y/o actualización del conocimiento del territorio.

La información almacenada en las imágenes es utilizada para adquirir o comprobar conocimientos del territorio, entendiéndolas como un conjunto sistemático de medidas cuantitativas. Representan importantes herramientas para la observación de una parte del universo (mundo), con el objetivo de realizar afirmaciones o proposiciones acerca del espacio observado.

Algunos autores plantean, en la etapa de extracción de información temática a partir de las imágenes, técnicas que conducen a la aplicación de metodologías inductivas o deductivas. La selección del tipo de metodología será función de si se parte de un diseño experimental para extraer leyes (metodología inductiva), o bien, si se proponen estimaciones al analizar las relaciones teóricas entre los componentes que intervienen en el problema (metodología deductiva). (Chuvieco, 2002)

El objetivo de este trabajo es analizar la aplicación de los métodos inductivos y deductivos en la disciplina de teledetección, con el fin de identificar de qué manera se construyen y validan conocimientos usando cada uno de los métodos mencionados.

## FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN

El fundamento físico de la teledetección se basa en la medida de la radiación electromagnética emitida o reflejada por objetos, como respuesta a la incidencia de una radiación natural (luz solar: “Teledetección pasiva”) o artificial (radar: “Teledetección activa”). (Figura 1)

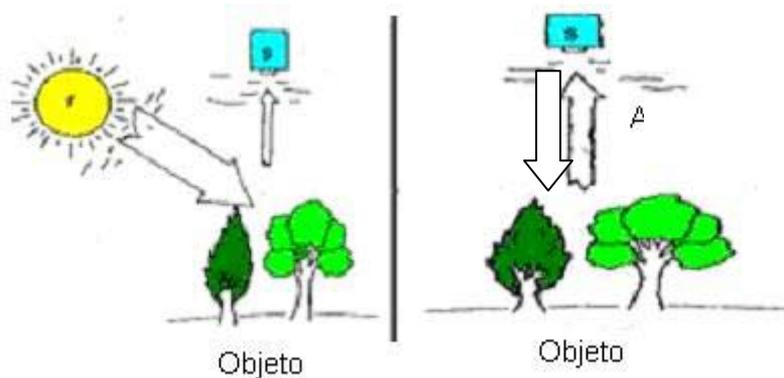


Figura 1: Esquema de teledetección pasiva (izq.) y activa (der.).

La imagen como salida de un sensor a bordo de un satélite (teledetección espacial), es generada como producto de una cámara cuya óptica está preparada para concentrar la imagen sobre el sensor separando espectralmente en grupos la luz incidente. De esta forma, cada grupo se almacena en la memoria como una imagen separada en bandas correspondiendo al rango azul, verde, rojo, infrarrojos, etc. del espectro electromagnético.

Por otro lado, por ser la imagen un producto digital, puede calibrarse para que cada píxel (la menor superficie discriminada por el sensor) nos de un valor de radiancia en vez de un conteo digital solamente, en una escala de niveles de grises de 256 valores. Estas bandas que componen la adquisición de una imagen, están perfectamente registradas entre si y pueden combinarse para producir una composición del terreno en color natural o falso color, siendo factible generar otras imágenes para proveer mapas de parámetros geofísicos, como concentración de clorofila en cuerpos de agua o temperatura superficial.

Además, es posible correlacionar la información mencionada con la medida en el campo y clasificar digitalmente la imagen, a través del estudio de la matriz de píxeles asociadas, con el fin de separar, identificar y cuantificar, por ejemplo: superficies de las diferentes clases presentes en ella, como áreas de cultivos, lagunas, cuerpos de agua, forestaciones, etc.

En la Figura 2, se presenta un esquema de los conceptos vertidos en párrafos precedentes.

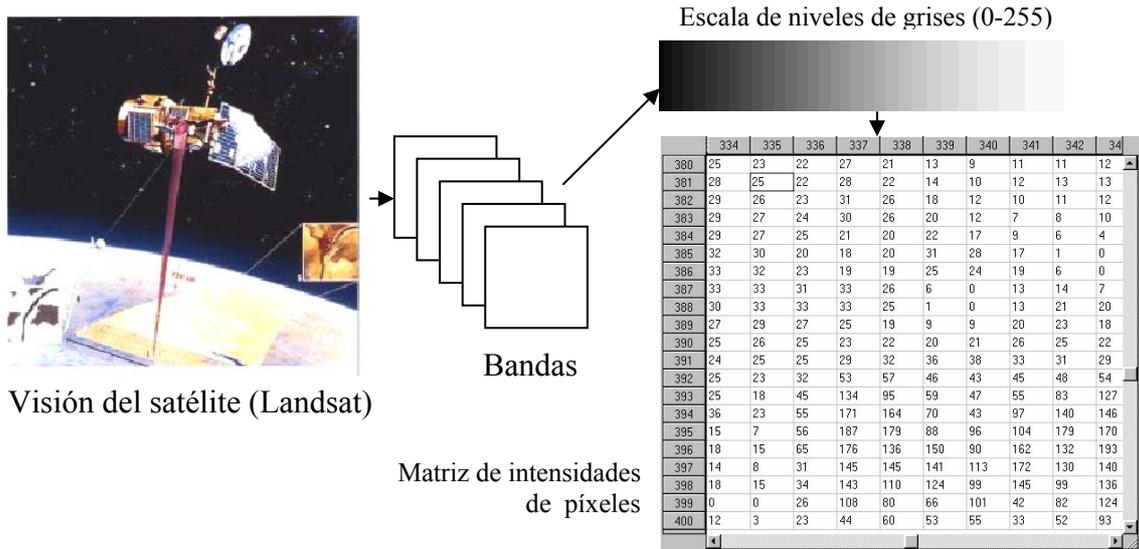


Figura 2: Esquema de recepción, producción y calibración de información en imágenes satelitales.

## REVISIÓN DE LOS CONCEPTOS DE INDUCCIÓN Y DEDUCCIÓN

Los razonamientos que proceden desde un número finito de hechos específicos hasta una conclusión general, se llaman razonamientos **inductivos**, para distinguirlos de los razonamientos lógicos o **deductivos**. En los primeros las leyes generales son formuladas en un ámbito más amplio del que se parte, que es el ámbito de los hechos (Chalmers, 2000).

Es decir que se podría caracterizar "deducción" como un razonamiento tal que, a partir de proposiciones verdaderas se garantice la verdad de su conclusión. La verdad de la conclusión se obtiene bajo dos condiciones: la verdad de las premisas y la validez de la inferencia.

Por otro lado, el razonamiento inductivo conduce a una conclusión más o menos probable, pero no otorga garantía completa acerca de la verdad de lo que se concluye. Esto de la falta de garantía hace que una inducción (a diferencia de la deducción) pueda llevar de premisas verdaderas a una conclusión falsa. El razonamiento inductivo está siempre sujeto a refutación por la aparición de un nuevo dato.

En este sentido, para el **INDUCTIVISMO INGENUO**, la ciencia se inicia con la **OBSERVACIÓN**. Para ello se requiere que el observador científico tenga los órganos de los sentidos en condiciones normales y esté libre de prejuicios. A los enunciados que se alcanzan mediante la observación se los conoce bajo la denominación de enunciados observacionales, de los cuales se derivarán, mediante la generalización, teorías y leyes que constituirán el conocimiento científico.

Podemos distinguir entre dos tipos de enunciados observacionales: (a) los singulares, derivados de la observación de un determinado fenómeno, en un determinado momento y lugar y (b) los generales o universales, que hacen referencia a todos los acontecimientos de un determinado tipo en todos los lugares y en todos los tiempos. Las leyes y teorías que forman el conocimiento científico son enunciados de este tipo.

En general, las condiciones que deben cumplir los enunciados observacionales singulares para establecer generalizaciones universales son tres:

- a) Que el número de enunciados observacionales sea grande, vale decir, no es lícito establecer una generalización a partir de una sola observación. Se trata de una condición necesaria.
- b) Que las observaciones se repitan en una amplia variedad de condiciones.
- c) Que ningún enunciado observacional aceptado contradiga la ley universal derivada. Ésta es una condición esencial.

El tipo de razonamiento que nos permite ir de los enunciados singulares a los universales, es decir, de la parte al todo, se llama RAZONAMIENTO INDUCTIVO, y el proceso, INDUCCIÓN.

El problema de la Inducción es que la validez y la justificabilidad de su principio pueden ponerse en duda. En relación a la validez, se sostiene que las argumentaciones lógicas válidas se caracterizan por el hecho que si la premisa es verdadera, la conclusión debe ser verdadera. Esto es lo propio en las argumentaciones deductivas. Pero las argumentaciones inductivas no son argumentaciones lógicamente válidas. Podría darse el caso de conclusiones falsas con premisas verdaderas, sin que esto constituya una contradicción. Respecto a la justificabilidad, los inductivistas emplean la inducción para justificar la inducción, lo que constituye una definición circular. Así como se cita en Chalmers, 2000, “cada razonamiento inductivo involucra la llamada a un conocimiento previo, que requiere un razonamiento inductivo que lo justifique, que a su vez implica una llamada a otro conocimiento previo y así sucesivamente en una cadena sin fin”.

La inducción, presenta otros problemas mencionados por Chalmers (2002) y resumidos a continuación:

- a) Determinar cuánto es "un número de enunciados observacionales grande".
- b) Determinar cuánto es "una amplia variedad de circunstancias".

Un intento de evitar el problema de la postura del inductivismo ingenuo consiste en recurrir a la probabilidad: ya no se afirma que el conocimiento científico, al que se han arribado mediante la inducción, sea perfectamente verdadero, sino probablemente verdadero.

Según Chalmers, lo atractivo del inductivismo es que “las leyes y teorías que constituyen el conocimiento científico se derivan por inducción a partir de una base de hechos suministrada por la observación y la experimentación (inducción). Una vez que se cuenta con este conocimiento general, se puede recurrir a él para hacer predicciones y ofrecer explicaciones (deducción)”.

Desde el punto de vista epistemológico, tanto inducción como deducción derivan del verbo latino *duco, ducere, ductum*, que significa llevar, transportar, acompañar. La inducción y la deducción se diferencian en el prefijo: *in* es de dirección, de entrada; y *de* es de extracción, de salida.

Los métodos inductivo y deductivo pueden representar el razonamiento en una dirección o en la contraria, de lo general a lo particular o viceversa. Ambos utilizan la lógica y llegan a una conclusión.

La diferencia fundamental entre el método deductivo y el inductivo es que el primero aspira a demostrar, mediante la lógica pura, la conclusión en su totalidad a partir de

unas premisas, de manera que se garantiza la veracidad de las conclusiones, si no se invalida la lógica aplicada.

Por el contrario, el método inductivo crea leyes a partir de la observación de los hechos, mediante la generalización del comportamiento observado; en realidad, lo que realiza es una especie de generalización, sin que por medio de la lógica pueda conseguir una demostración de las citadas leyes o conjunto de conclusiones. Estas conclusiones podrían ser falsas y, al mismo tiempo, la aplicación parcial efectuada de la lógica podría mantener su validez; por eso, el método inductivo necesita una condición adicional, su aplicación se considera válida mientras no se encuentre ningún caso que no cumpla el modelo propuesto.

Otro método se presenta en este ámbito, el hipotético-deductivo o de contrastación de hipótesis, el cual no plantea problemas, puesto que su validez depende de los resultados de la propia contrastación. Este método se suele utilizar para mejorar o precisar teorías previas en función de nuevos conocimientos, donde la complejidad del modelo no permite formulaciones lógicas. Por lo tanto, tiene un carácter predominantemente intuitivo y necesita, no sólo para ser rechazado sino también para imponer su validez, la contrastación de sus conclusiones.

## **TIPOS DE METODOLOGÍAS EN TELEDETECCIÓN**

En teledetección, se puede realizar una clasificación de los métodos disponibles en dos grupos en función de la metodología utilizada en la generación de información: (Chuvieco, 2002)

1) Métodos inductivos: se basan en la observación experimental para extraer leyes. Intentan establecer una relación cualitativa y cuantitativa entre el parámetro a estimar y los valores del sensor, a partir de observaciones *in situ*, tomadas en el momento de adquirir la imagen. Es decir, se pueden obtener funciones de ajuste local que ponen en relación los datos de la imagen con el parámetro de interés. Las técnicas de ajuste más habituales son las regresiones matemáticas o las redes neuronales. (Hines et al. 1998).

Ventajas: sencillez, fácil de calibrar y posibilidad de estimar su exactitud, ya que se contrastan con observaciones de la misma variable que se estima.

Desventajas: escasa capacidad de generalización, ya que sólo podrían aplicarse con las mismas o similares condiciones a la situación en que se generaron (condiciones ambientales del lugar, sensor, rango de la variable que se estima, condiciones de observación o atmosférica, etc.)

2) Métodos deductivos: se basan en la aplicación de modelos físicos o matemáticos que permitan estimar los parámetros de interés a partir de los datos adquiridos mediante teledetección. Analizan los factores físicos que intervienen en los procesos de reflexión, absorción y dispersión de la radiación incidente, y plantean métodos para estimar la reflectividad global observada por el sensor a partir de una serie de parámetros de entrada (propiedades ópticas de las hojas, ángulo de observación, etc.). Establecen una relación de validez general, lo más independiente posible de las condiciones de observación. Parten de demostrar la relación física entre el parámetro a estimar (ejemplo: reflectancia) y la información espectral contenida en la imagen (ejemplo: nivel de gris o digital). Luego de establecida esta relación, el método se invierte, de tal forma que pueda estimarse la variable a partir de la imagen. Esto implica un proceso de ajuste que generalmente no es muy preciso, ya que se deben asumir condiciones que rara vez se

dan en la naturaleza, como isotropía en las hojas, reflectividad lambertiana (sobre superficie especular), etc.

## **APLICACIÓN DE MÉTODOS EMPÍRICOS EN TELEDETECCIÓN**

Con el fin de presentar la aplicación de metodologías inductivas y deductivas en teledetección se proponen ejemplos desarrollados en base a imágenes satelitales de la serie LANDSAT y datos de campo, como herramienta para determinar y verificar relaciones entre parámetros de calidad y niveles de reflectancia.

*Ejemplo 1:* Se muestra una metodología que consiste en utilizar los dos tipos de métodos (deductivo e inductivo) sobre la región sur de Brasil, particularmente en la Laguna de los Patos. Se establece una relación entre valores medidos de material en suspensión (MES) dentro del cuerpo lagunar y valores medidos sobre las imágenes disponibles. El método deductivo, consistió en convertir, a partir de funciones ya establecidas (Chuvieco, 1996) valores de niveles digitales (ND) almacenados en cada píxel de la imagen a valores físicos de reflectividad. Por otro lado, en el método inductivo se ha inferido una función matemática entre los valores observados de ND y reflectividad, con respecto a los valores medidos de MES en campo.

El método deductivo propone transformar valores de ND a niveles de reflectividades ( $\rho$ ) con la expresión propuesta en Chuvieco, 1996 (Ec. 1) y en otras publicaciones que demuestran la aceptación de esta expresión por la comunidad científica.

$$\rho = D \cdot \pi \cdot L / E_0 \cdot \cos \Theta \quad (1)$$

donde  $\rho$ : reflectividad; D: factor de corrección por distancia Tierra-Sol; L: radiancia espectral con  $L = a_0 + a_1 \cdot ND$  (2);  $a_0, a_1$ : coeficientes de calibración por banda propia de cada sensor;  $E_0$ : irradiancia solar en el techo de la atmósfera;  $\Theta$ : ángulo cenital de flujo incidente.

Por otro lado, a partir de la observación de la relación entre los valores de ND y las mediciones en campo, según la Figura 3, es posible establecer una función entre ambas variables.

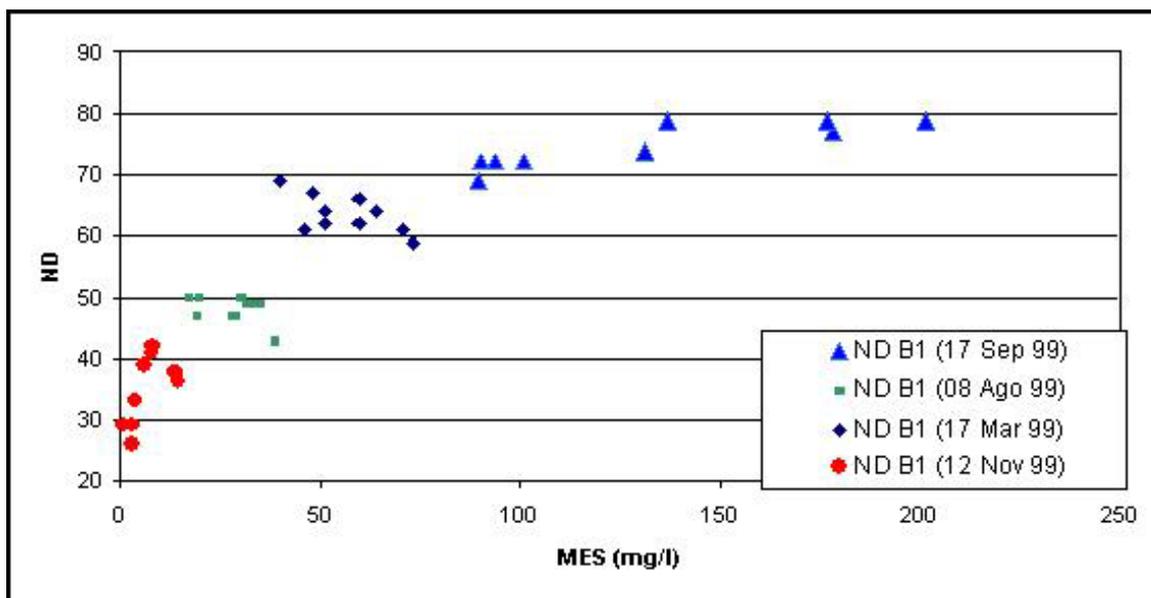


Figura 3: Niveles digitales (ND) medidos en la Banda 1 (B1) de cada imagen satelital junto con los respectivos valores de MES medidos en campaña.

A través del método inductivo, y asociando este comportamiento a otros similares se deduce que un conjunto de datos como el presentado en la Figura 3 es posible describirlos matemáticamente a través de una expresión de tipo de exponencial como la siguiente:

$$\ln(\text{MES} [\text{mg/L}]) = a * (\rho_1) + b \quad (3)$$

donde:  $\rho_1$  reflectividad en banda 1 calculada en función de ND para la misma banda. Los coeficientes a y b, de la ecuación (3) son los parámetros a ajustar por regresión múltiple.

En este ejemplo se observa la aplicación de ambos métodos considerados. El método deductivo se utilizó porque se parte de leyes ya establecidas y verificadas hacia otros valores de ciertas variables. En este caso, la teoría genera una transformación de variables, avalada por la aplicación de expresiones fuertemente fundamentada por gran cantidad de observaciones dentro de esta disciplina científica. Por otro lado, el método inductivo parte de observar el comportamiento de cierta variable y generar a partir de allí leyes, al comparar este comportamiento con otros ya estudiados, para garantizar la conclusión extraída. Esto demuestra que el concepto epistemológico de los métodos involucrados es desarrollado en la metodología aplicada. La expresión propuesta en la ec. (3) indica que si bien a los datos observados en la Figura 3 se asocian a una función del tipo exponencial, esta se verifica mientras que no observen nuevos datos que refuten esta generalización. En esta etapa se observan las falencias en la justificación de la afirmación realizada anteriormente, lo que constituye una desventaja del método.

*Ejemplo 2:* Se ilustra el desarrollo de un modelo teórico, a partir de la relación existente entre Clorofila-a (Cl-a) y valores de reflectividad. La región de aplicación de este segundo ejemplo es el embalse Los Molinos, provincia de Córdoba.

Se considera a la Cl-a como una variable primaria e indirecta, según Jensen (2000), ya que se relaciona con los datos obtenidos por el sensor, modificando primariamente la

señal registrada por el mismo. Este tipo de variable es exclusivamente cuantitativa y se pueden explicar indirectamente por la reflectividad de una cubierta observando en qué bandas su efecto es más visible. Esto es entre las bandas azul y rojo del espectro electromagnético, entre 0,45 y 0,65  $\mu\text{m}$  de longitud de onda.

El principio sobre el que se basa este modelado es que a mayor absorción debido a la presencia de *Cl-a* en el embalse, la reflectividad será baja. (Chuvieco, 1996)

Una vez definido y calibrado el modelo matemático que permite cuantificar y mapear parámetros biológicos, se aplica la siguiente expresión teórica (Ec. 4) deducida en base al procesamiento de imágenes y la observación del conjunto de valores medidos respecto de los correspondientes procesados (Bazán et al., 2003).

$$\ln(\text{Cl-a } [\mu\text{g/L}]) = 1,8726 - 0,0334 * (\rho_1/\rho_2) - 4,0591 * (\rho_1) \quad (4)$$

donde:  $\rho_1$  y  $\rho_2$  son valores de reflectividad en bandas 1 y 2, respectivamente. Los coeficientes a, b y c, de la ecuación (4) son los parámetros ajustados por regresión múltiple.

En la Figura 4, se observa un mapeo de la distribución de *Cl-a* en el Embalse, resultante de aplicar la metodología resumida anteriormente sobre las imágenes disponibles de la región.

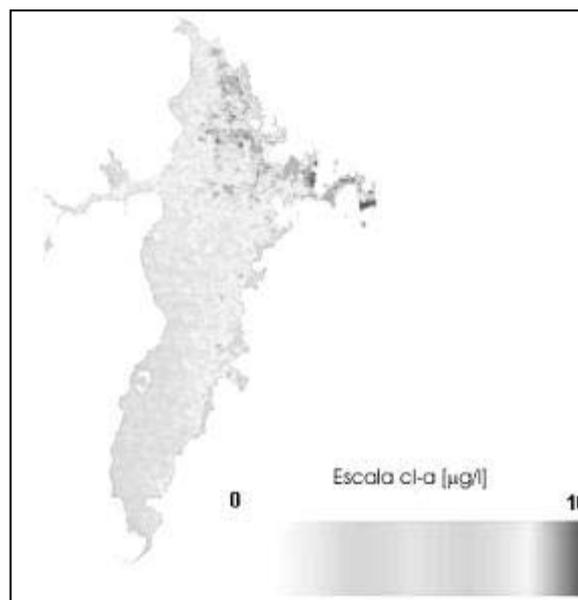


Figura 4: Distribución de *Cl-a* sobre imagen satelital del 18/08/00. Rango [0-10  $\mu\text{g/L}$ ]

De esta forma se observa en este ejemplo, el desarrollo de ambas metodologías en forma similar al presentado en el Ejemplo 1. Así, el método deductivo implica una asimilación verdadera de la ley que vincula los ND y las reflectividades, la cual será aceptada mientras sea aceptada la ley que las vincula. Por otro lado, la observación de la relación entre las reflectividades de las distintas bandas con respecto a la *Cl-a*, lleva a definir la relación entre el valor medido en campo y el teórico, lo que implica llegar a una expresión como la propuesta en la ecuación (4) estimada en función de múltiples observaciones y pruebas de conjuntos de valores.

*Ejemplo 3:* Se presenta el procesamiento digital de productos LANDSAT, con el objetivo de extraer información relacionada con los cambios ambientales. Se plantea, principalmente, el crecimiento urbano en la ciudad de Córdoba y alrededores y la identificación de zonas factibles de cambios en el uso de suelo, determinando en base a comparaciones de los rangos espectrales sobre imágenes del año 1999 y 2003. La metodología utilizada plantea el análisis de cada imagen en una secuencia temporal definida, realizando un reconocimiento e integración de elementos visuales como brillo, color, textura y emplazamiento, para inferir rasgos diferenciales en la morfología urbana.

Así, la interpretación visual permitió reconocer objetos y extraer información de las imágenes, ya que a partir del brillo puede deducirse la densidad de edificación, ya que aquellas zonas con mayor influencia del trazado viario ofrecen un brillo más oscuro. En el mismo sentido, el color indica si la zona cuenta o no con espacios verdes. La textura indica el grado de heterogeneidad propia de un determinado sector, mientras que el emplazamiento indica el carácter del objeto analizado dentro de la imagen con respecto a su entorno. (Chuvieco, 2002)

En la Figura 5, se presenta una imagen satelital de la ciudad de Córdoba y alrededores, donde la tonalidad más oscura en el centro de la misma hace referencia a una zona con mayor población que en el resto de la imagen. Se ha marcado con recuadros dentro de cada imagen aquellas zonas donde se prevén futuros cambios de usos de suelo.

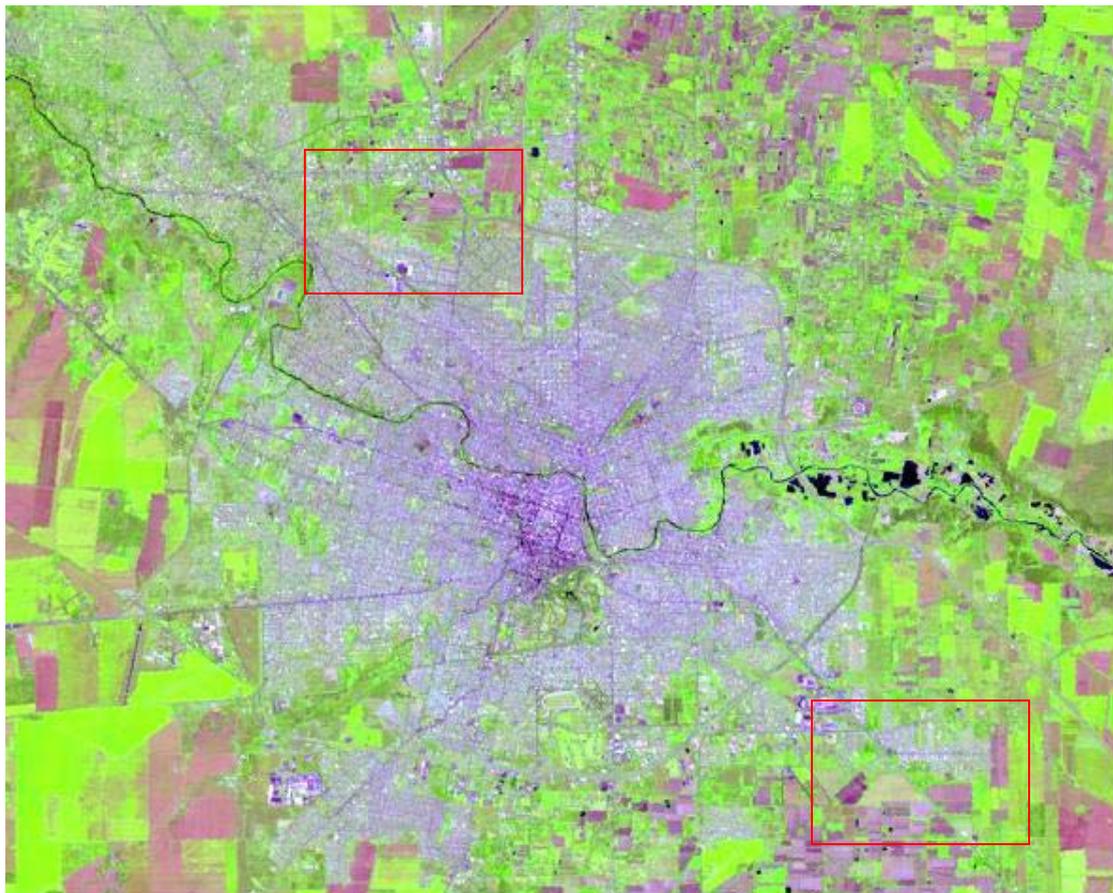


Figura 5: Imagen LANDSAT 7 del día 07/01/03. Bandas 5-4-3. En las zonas recuadradas se prevén cambios futuros en el uso del suelo.

Por otro lado, diferencias en cuanto a superficies loteadas y ocupadas entre dos imágenes desfasadas temporalmente (14/12/99 y 07/01/03) se observan en zonas próximas a Mendiolaza y en al oeste del Aeropuerto de Córdoba, en menor medida, lo que se muestra con recuadros de las Figuras 6 y 7, respectivamente.



Figura 6: Imagen satelital del noroeste de la ciudad de Córdoba. Destacando en loteos en el cuadrante superior izquierdo de la imagen de 14/12/99.



Figura 7: Imagen satelital del noroeste de la ciudad de Córdoba. Destacando construcciones en el cuadrante superior izquierdo de la imagen de 07/01/03.

Así, en la Figura 8, se presenta a la derecha la transecta seleccionada sobre una imagen satelital, mientras que a la izquierda la correspondiente firma espectral. En esta última, el eje horizontal del gráfico representa distancias muestreadas desde izquierda a derecha y el eje vertical indica el rango de los píxeles dentro de una escala que varía de 0 a 255.

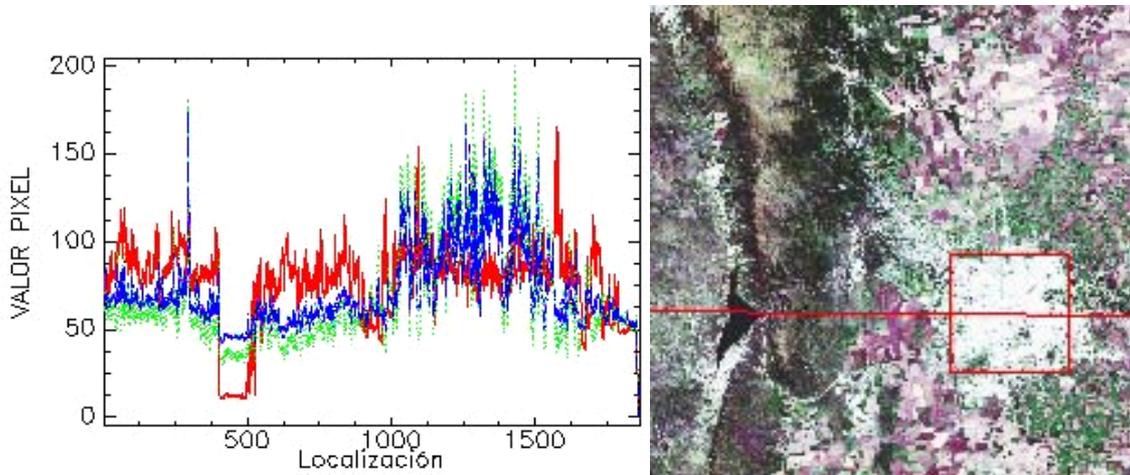


Figura 8: Firma espectral sobre imagen satelital LANDSAT 7. BANDA: 3-2-1. 14 de Noviembre de 2000.

Una interpretación de los perfiles espectrales precedentes señala la presencia de los bordes de agua con respecto al terreno seco correspondiente al Embalse San Roque, con valores de píxeles por debajo de 50 en las bandas analizadas del espectro visible (Roja, Verde y Azul). Regiones con presencia de espacios verdes, se asocian a altos valores de píxeles entre 50 y 70, mientras que zonas urbanizadas con valores entre 70 y 150.

En función de este análisis, se plantea la aplicación de un método deductivo al realizar sobre la imagen una clasificación supervisada, identificando rangos de valores de intensidades de píxeles o niveles digitales para extraer información de las zonas urbanizadas en forma espectral.

Se realizó sobre la imagen una clasificación por medio de funciones teóricas establecidas una agrupación de píxeles de la imagen con valores de ND entre 70 y 150, en una clase o categoría de datos, cuyo resultado se presenta en la Figura 9.

En este sentido, las imágenes de satélites provén dos tipos de variable.

- Primarias: relacionadas directamente con los datos obtenidos por el sensor, influyen primariamente en la señal registrada en la imagen. Por ejemplo, la temperatura ya que modifica la radiancia emitida en el rango infrarrojo térmico del espectro electromagnético. Lo mismo puede asociarse a variables como clorofila, contenido de agua, material en suspensión, etc. que alteran directamente la reflectividad de una cubierta.

- Secundarias: derivan de las primeras por algún tipo de conceptualización. Por ejemplo, la identificación de distintos tipos de coberturas de suelo, lo cual se identifica al medir la radiancia en distintas bandas del espectro, y relacionarla con propiedades texturales y espaciales (forma, textura, etc.).



Figura 9: Izq. Imagen satelital LANDSAT 7, del día 03/12/98. Bandas (R-G-B): 3-2-1. Der. Resultado de la clasificación supervisada en un grupo.

Por último, en el Ejemplo 3 se presenta la aplicación del método inductivo en teledetección. A partir de observaciones y tratamiento de datos estadísticos extraídos de las mismas imágenes se estableció una ley, al definir rangos de píxeles, que permite evidenciar cualitativamente zonas con cambios de uso de suelo. A partir de la bibliografía que determina los procesos para identificar cambios de usos de suelo, el método planteado en este ejemplo sigue lo recomendado por distintos autores. En este caso, se identifica el método inductivo en este procedimiento, basado principalmente en observaciones de comportamientos en otros sitios y extrapolando a la región en estudio. Esto representa una debilidad en la metodología adoptada, aunque representa la que mayor uso directo realiza sobre las imágenes disponibles.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se han considerado métodos identificados como inductivos y deductivos dentro de las investigaciones en teledetección. A través de un análisis de la significación de esos términos en la disciplina específica y en epistemología, se ha establecido que los términos se corresponden, de modo que el uso en teledetección puede verse como un caso particular del uso más general en epistemología. Las concepciones de estos métodos para la generación de conocimiento son básicamente las mismas, variando las técnicas en función del momento histórico. El rango de aplicaciones de la teledetección depende de las innovaciones en los sensores remotos y en los métodos de tratamiento.

Se han presentado ejemplos que demuestran la aplicación de métodos deductivos e inductivos en la rama de la teledetección. En esta disciplina científica, es posible utilizar datos de la propia imagen para extraer información, por ejemplo por observaciones, o bien relacionarla ya sea con datos de campo o con expresiones teóricas establecidas para aplicar alguno de los métodos inductivos o deductivos.

Los métodos deductivos resultan un camino más firme que los inductivos para estimar variables biofísicas a partir de la teledetección, ya que se basan en general en expresiones teóricas con cierto nivel de credibilidad y aceptadas por los usuarios de esta disciplina. Consideran a la imagen como una matriz de medidas numéricas de una variable de interés, por lo que podrían utilizarse para obtener una distribución espacial de dicha variable (para las variables primarias).

Por otro lado, los métodos inductivos son una gran ayuda para generar cartografía temática de la región de interés, por medio de interpretación visual o digital de las imágenes, como se presentó en el ejemplo 3. Así, la aplicación de estas metodologías, con cierta antigüedad en el ámbito de la ciencia, se ve indudablemente reasignada al ámbito de la teledetección, innovando como herramienta de trabajo.

En los ejemplos planteados, se parte del mundo analizado y se presenta una metodología en cada caso con la que se realizan predicciones para extraer resultados específicos. Complementando esto con observaciones del mundo y comparaciones con los resultados es posible arribar a la validación de la mecánica propuesta. Esto es en el sentido de confirmar que la manifestación se comporta igual que el mundo analizado.

El principal conflicto observado da cuenta que en esta disciplina la mayor cantidad de información y aprovechamiento de las imágenes, es a través de la observación. Es decir, la metodología inductiva es la que mayor cantidad de información es posible brindar del producto imagen y esta a su vez es la que menor justificación presenta. Esto representa el punto más débil de la aplicación de las metodologías presentadas, de las cuales se supone que la inducción debe ser las que de mayor valor a la teledetección ya que los métodos deductivos en teledetección se basa en formulaciones ya verificadas y aceptadas por la comunidad científica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Chalmers, A. F. (2000): “¿Qué es esa cosa llamada ciencia?”, 3° Ed. Siglo Veintiuno de Argentina Editores. S.A. España.
- Chuvienco, E. (1996): “Fundamentos de la teledetección”. 3° Ed. RIALP, S.A. Madrid.
- Chuvienco, E. (2002): “Teledetección ambiental”. 3° Ed. RIALP, S.A. Madrid.
- ESRI (2001): “Manual del Programa ENVI V3.5” Environmental System Research Institute, Redlands, California, EE.UU.
- Gitelson, A., Garbuzov, G., Szilagyi, F. y Mittenzwey, K. (1993): “Quantitative remote sensing methods for real-time monitoring of inland waters quality”. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 1269-1295. EE.UU.
- Hines, W. W. y Montgomery, D. C., 1996: “Probabilidad y estadística para ingenieros”. 2° Ed. Compañía Editorial Continental. S.A. México.
- Jensen, J. R. (2000): “Remote sensing of the environment. An Earth resource perspective, Upper Saddle River”, N.J., Prentice-Hall.
- Bazán, R.; Pagot, M.; Corral, M.; Rodríguez, A.; Oroná, C.; Cossavella, A. (2003): “Modelado y aplicación de sensores remotos a calidad de agua en el Embalse Los Molinos, Córdoba Argentina”. (En evaluación en CURIHAM, Rosario. Argentina).